



Socios por naturaleza: una propuesta didáctica para comprender la importancia de la interacción mutualista entre las flores y sus polinizadores

Natural partners: a didactic proposal to understand the relevance of the mutualistic flower-pollinator interaction

Matías C. Baranzelli, Lourdes Boero, Silvina A. Córdoba, Gabriela Ferreiro, Constanza C. Maubecin, Valeria Paiaro, Mauricio Renny, Nicolás Rocamundi, Federico Sazatornil, María Sosa-Pivatto, Florencia Soteras¹
Laboratorio de Ecología Evolutiva y Biología Floral. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, Universidad Nacional de Córdoba, CONICET, FCEyN, Córdoba, Argentina.
matiasbaranzellibc@gmail.com, lulaboero@yahoo.com.ar, cba_sil@hotmail.com, gabiferreiro@yahoo.com.ar, cmaubecin@gmail.com, vpaiaro@gmail.com, maurirennny@yahoo.com.ar, nicolasrocamundi@gmail.com, federicosaza@gmail.com, marisosapivatto@gmail.com, fsoteras@imbiuv.unc.edu.ar

RESUMEN • La polinización por animales es un proceso fundamental en la reproducción de las plantas con flores. En el ámbito educativo, esta temática rara vez se aborda con un enfoque en la interacción planta-polinizador, y su importancia es poco reconocida por los estudiantes. En este trabajo se presenta una propuesta didáctica para abordar la reproducción sexual en plantas basada en la asociación mutualista planta-polinizador. La secuencia de actividades desarrollada incluye la visualización de un video, la observación y manipulación de flores y frutos, así como también actividades lúdicas en las que se representa la polinización por animales y la correspondencia entre ciertos rasgos de las flores y sus polinizadores. El cuestionario implementado sugiere que después de realizar las actividades los estudiantes ampliaron o modificaron su conocimiento respecto a los contenidos abordados.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje interactivo; divulgación científica; mutualismo planta-polinizador; polinización; reproducción sexual en plantas.

ABSTRACT: • Pollination by animals is a key process involved in flowering plants reproduction. In the educational context, this topic is rarely addressed from the plant-pollinator interaction point of view, and its importance is poorly recognized by the students. Here we present a didactic proposal developed to address the sexual reproduction in plants, based on the plant-pollinator mutualistic association. The sequence of activities developed includes the display of a video, observation and handling of flowers and fruits, as well as play activities where the pollination process and the correspondence between certain flower traits and pollinators are represented. The set of questions applied suggests a change or improvement in students knowledge about the contents after the activities.

KEYWORDS: interacting learning; scientific outreach; plant-pollination mutualism; pollination; sexual reproduction in plants.

Recepción: noviembre 2016 • Aceptación: septiembre 2017 • Publicación: marzo 2018

1. Estos autores participaron de igual manera durante las actividades desarrolladas y contribuyeron igualmente al presente trabajo Baranzelli, M. C., Boero, L., Córdoba, S. A., Ferreiro, G., Maubecin, C. C., Paiaro, V., Renny, M., Rocamundi, N., Sazatornil, F., Sosa-Pivatto, M., Soteras, F. (2018). Socios por naturaleza: una propuesta didáctica para comprender la importancia de la interacción mutualista entre las flores y sus polinizadores. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 181-200.

INTRODUCCIÓN

La supervivencia de los ecosistemas naturales depende de la conservación de la biodiversidad que estos albergan, así como de las numerosas interacciones entre los seres vivos que habitan en esos ambientes. De todas ellas, la interacción mutualista planta-polinizador, que involucra la transferencia de polen entre flores de una misma o distintas plantas por un agente biótico, no solo asegura la reproducción sexual en la mayoría de las angiospermas (aproximadamente 90 %; Ollerton, Winfree y Tarrant, 2011), sino también, de forma indirecta, garantiza el mantenimiento de la biodiversidad y la sustentabilidad productiva de los ecosistemas (Aizen y Chacoff, 2009). La polinización es considerada un servicio ecosistémico fundamental que aporta beneficios relevantes para la supervivencia humana (Kremen *et al.*, 2007; Garibaldi *et al.*, 2013). Por ejemplo, se estima que cerca del 35 % de la producción global de alimentos está constituida por cultivos cuya reproducción depende parcial o totalmente de polinizadores (McGregor, 1976; Klein *et al.*, 2007). A pesar de su importancia vital, esta interacción se encuentra afectada por numerosas actividades antrópicas, como la fragmentación del hábitat (Aguilar, Ashworth, Galetto y Aizen, 2006), el uso de agrotóxicos (Rundlöf *et al.*, 2015) y la introducción de especies exóticas (Morales, Arbetman, Cameron y Aizen, 2013), entre otras. Esto ha llevado a la discusión acerca de si nos enfrentamos a una potencial «crisis global de polinización» (Steffan-Dewenter, Potts y Packer, 2005; Ghazoul, 2005a y b), cuyo interés trasciende el ámbito académico (Martin, 2015). En relación con ello, en el ámbito educativo, se ha destacado la importancia de brindar a los estudiantes la oportunidad de vincularse con la naturaleza y enfrentarse a situaciones que despierten el deseo de conocer y comprender cómo funciona el mundo natural, en lugar de centrarse en las problemáticas ambientales, con el fin de despertar el interés por cuidar el ambiente desde una valoración positiva (Sobel, 1999).

En el mutualismo ecológico planta-polinizador, las plantas reciben el servicio de polinización que posibilita su reproducción, y los animales polinizadores (p. ej. abejas, picaflors, murciélagos, mariposas, esfingidos, moscas) se benefician de ello mediante la obtención de diferentes recompensas florales, comúnmente néctar o polen, y menos frecuentemente aceites, entre otras (Willmer, 2011). Las flores atraen a los polinizadores mediante diversos despliegues de formas, colores y perfumes (Barrett, 2010; Weber, Vary, Berg, Ansaldi y Franks, 2016) que, en general, indican la presencia de una recompensa. Los polinizadores, al tomar la recompensa, contactan las partes fértiles de las flores y transportan accidentalmente el polen desde los estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores. Allí, el polen germina y fecunda los óvulos, permitiendo la formación de semillas y frutos. De esta manera, las plantas y sus polinizadores son «socios por naturaleza» que interactúan en beneficio mutuo.

Como resultado de su interacción con los polinizadores muchas plantas han desarrollado, con el transcurso del tiempo y tras numerosas generaciones, características florales particulares que incrementan la atracción y la transferencia del polen por parte de un determinado grupo de polinizadores (van der Pijl, 1961; Fenster, Armbruster, Wilson, Dudash y Thomson, 2004; Harder y Johnson, 2009; Willmer, 2011; Armbruster, 2012). La combinación de rasgos florales (morfología, coloración, composición química del perfume, tipo y cantidad de recompensa) que reflejan las preferencias alimentarias, las capacidades sensoriales y/o la morfología de tipos particulares de polinizadores se conoce como síndrome floral o síndrome de polinización (Faegri y van der Pijl, 1979; Fenster *et al.*, 2004; véase apéndice). El concepto de síndrome de polinización posee capacidad predictiva, ya que mediante el conocimiento de los rasgos florales se puede inferir cuáles son los principales polinizadores de una determinada especie vegetal, y viceversa (Faegri y van der Pijl, 1979; Proctor, Yeo y Lack, 1996). La esencia del síndrome de polinización es, en resumen, la asociación de los caracteres florales con los polinizadores principales (Thomson, Wilson, Valenzuela y Malzone, 2000).

Dado que la reproducción sexual de las plantas constituye un proceso complejo que involucra aspectos morfológicos, fisiológicos y ecológicos, y comprende distintas etapas, su enseñanza resulta un

desafío. En este sentido, se ha propuesto que el abordaje de procesos complejos a partir de elementos cotidianos puede facilitar la construcción conceptual y ayudar a la comprensión (Flores, 2004). En el caso del proceso de reproducción sexual en plantas, los frutos pueden utilizarse como punto de partida, ya que constituyen elementos cotidianos para el alumno y un resultado fácilmente observable de dicho proceso. Sin embargo, muchos frutos caen fuera de la conceptualización del alumno, que en general no los percibe como tales por no ser comestibles o por ser conocidos popularmente como «verduras/hortalizas» (p. ej. tomate, pimiento, zapallo). La presentación de distintos frutos cotidianos junto con otros que no lo son y la formulación de preguntas orientadas al reconocimiento de características comunes (p. ej. presencia de semillas) pueden ayudar al alumno a realizar asociaciones entre las estructuras vegetales observadas y a reconstruir sus ideas previas en torno al concepto de fruto (Caravita y Halldén, 1994).

Diversos estudios han puesto en evidencia que la práctica educativa actual y factores culturales como los libros de texto promueven la construcción de conceptos erróneos arraigados en los estudiantes acerca de cómo se reproducen las plantas con flores (Hershey, 2004; Schussler y Winslow, 2007; Schussler, 2008). Además, numerosas investigaciones han sugerido que, en general, los alumnos desconocen que las plantas puedan reproducirse sexualmente y no comprenden la relación entre la flor y el fruto (Lewis y Wood-Robinson, 2000; Hershey, 2002; Jewell, 2002; Tytler, Peterson y Radford, 2004; Schussler y Winslow, 2007). Por ello, el abordaje del proceso de formación de frutos requiere la identificación del órgano de la planta del cual estos derivan, es decir, de la flor y sus partes, y la comprensión del mecanismo de polinización o transporte de polen que media la relación flor-fruto. Por otro lado, se ha postulado que los estudiantes entienden que la polinización está de alguna manera relacionada con la reproducción de las plantas, pero no pueden definir qué papel desempeña o incluso por qué es necesario el movimiento del polen (Schussler, 2008). En este sentido, se ha propuesto que quizás aprender sobre las partes reproductivas masculinas y femeninas o las células sexuales después de aprender sobre la polinización está obstaculizando la capacidad de los estudiantes de dar sentido al proceso (Schussler, 2008). Finalmente, algunos estudios han demostrado que el papel de los polinizadores en la formación de frutos y semillas es parcialmente reconocido por los estudiantes (Nyberg y Sanders, 2014 y referencias allí citadas).

En este contexto, identificar qué intervenciones curriculares son necesarias para causar cambios conceptuales es imprescindible para mejorar la comprensión de los estudiantes acerca de la reproducción sexual de las plantas. El diseño curricular de Ciencias Naturales de nuestra provincia (Córdoba, Argentina) incluye la temática de la reproducción en plantas (véase Diseño Curricular del Ciclo Básico de la Educación Secundaria del Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba, Argentina, 2011), la cual en el aula generalmente es abordada desde una aproximación morfológica y fisiológica, mientras que la relación mutualista planta-polinizador rara vez se considera. Dado el papel fundamental que cumplen los polinizadores en la reproducción de las plantas con flores, su incorporación en el ámbito educativo resultaría importante para una comprensión más integrada de este proceso. Si bien mediante la utilización de esquemas y una exposición dialogada ya puede iniciarse la construcción de conceptos (Marín Martínez y Soto Lombana, 2012), numerosos autores sostienen que las actividades lúdicas mejoran la capacidad de concentración, percepción y memoria, estimulando a los alumnos a construir nuevos conocimientos mediante una participación activa (Vivas y Guevara de Sequeda, 2003; Sánchez Benítez, 2010; Ballesteros, 2011, entre otros). Además, se ha postulado que los juegos participativos son muy útiles para enseñar conceptos abstractos porque una experiencia personal de los fenómenos simulados los hace mucho más tangibles, relacionables y comprensibles (Hassard y Dias, 2009). En este sentido, la representación de animales polinizadores por parte de los alumnos como estrategia lúdica para abordar el proceso de polinización biótica les permitiría situarse en la posición de una de las partes interactuantes y vivenciar la dinámica y los beneficios mutuos de la interacción planta-polinizador. Asimismo, el intento de establecer una asociación entre flores con características

particulares y polinizadores con determinados rasgos, hábitos, comportamientos y capacidades sensoriales en un contexto lúdico, podría facilitar el abordaje del concepto de síndrome de polinización en el ámbito escolar.

Dado que los estudiantes en general se interesan más por los animales que por las plantas (Wandersee, 1986; Honey, 1987) y que esta tendencia se asocia a propiedades tales como el movimiento o ciertos comportamientos que hacen que las plantas se vean «menos vivas» que los animales (Darley, 1990), es necesario incorporar nuevas aproximaciones en el abordaje de tópicos relativos a la botánica que incluyan aspectos cognitivos y afectivos (Nyberg y Sanders, 2014). En este sentido, el abordaje de la reproducción de las plantas desde el punto de vista de su interacción ecológica con los polinizadores brinda la oportunidad de despertar el interés de los estudiantes por las plantas. En primer lugar, contribuye a presentar a las plantas como organismos integrados en un ecosistema, en estrecha relación con los animales y no meramente conformando el telón de fondo de la vida animal (Wandersee y Schussler, 1999). Asimismo, permite destacar que las plantas despliegan un amplio abanico de estrategias, algunas de ellas muy impresionantes, para lograr la visita del polinizador a través de estímulos visuales, olfativos y táctiles, y la producción de distintos tipos de recompensas florales, minimizando sus propios costes (Harder, Williams, Jordan y Nelson, 2001) e incluso engañando a sus polinizadores, lo que remite a características comportamentales asociadas a animales y que atraen más la atención de los estudiantes (Nyberg y Sanders, 2014). Además, contribuye a la percepción del propio ambiente en el que diariamente ocurren estas interacciones y a la valoración del proceso de polinización. Por lo tanto, el enfoque desde la interacción planta-polinizador puede contribuir a superar la «ceguera» hacia las plantas (*plant blindness*, concepto desarrollado por Wandersee y Schussler, 1999) y a promover el entendimiento de los alumnos acerca de la reproducción sexual en plantas.

En este contexto, la presente propuesta se basa en el diseño y la implementación de una secuencia de actividades que abordan el proceso de reproducción sexual de las plantas desde un enfoque centrado en la polinización por animales. A partir de estas actividades el estudiante podría aprender en interacción con sus pares y teniendo un rol activo en su propio proceso cognitivo.

OBJETIVO GENERAL

Abordar el proceso de reproducción sexual en plantas con flores con especial énfasis en la polinización y en la asociación mutualista planta-polinizador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

1. Indagar sobre las ideas previas de los estudiantes acerca de la reproducción sexual en plantas, con énfasis en la relación flor-fruto y en el proceso de polinización.
2. Promover el reconocimiento de características comunes a todos los frutos, con especial atención a la presencia de semillas.
3. Promover el reconocimiento de las flores como órganos reproductivos de los cuales derivan los frutos, señalando las estructuras que las componen.
4. Desarrollar los conceptos de transferencia polínica y fecundación asociados a la formación de frutos y semillas y destacar el rol de los polinizadores en este proceso, señalando el carácter mutualista de la interacción planta-polinizador.
5. Abordar y aplicar el concepto de síndrome floral a partir del reconocimiento de la diversidad de flores y polinizadores existentes.

CONTEXTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

La divulgación científica brinda a la sociedad un mayor acceso al conocimiento que se genera en el ámbito científico y favorece el desarrollo de actitudes que promueven el pensamiento científico y que implican la curiosidad, la observación y el uso de la imaginación, entre otras (Bayo, 2014). A su vez, debe entenderse como un complemento de la educación formal ya que promueve un aprendizaje que profundiza los conocimientos de la escuela (Watanabe y Kawamura, 2016). En este sentido, instituciones como universidades e institutos de investigación dependientes de entidades estatales juegan un papel fundamental. En estos espacios, alumnos, profesores y científicos aportan conocimientos y elaboran propuestas de divulgación científica a través de la extensión universitaria, generando los puentes necesarios con la sociedad en general y los distintos niveles educativos en particular (Baranzelli *et al.*, 2014, 2015).

La intervención didáctica presentada en este trabajo fue desarrollada entre los años 2013 y 2017 en eventos de divulgación de la ciencia realizados en Córdoba (Argentina), particularmente en el Día de la Fascinación por las Plantas (disponible en línea: <<http://www.plantday12.eu/spain.htm>>) y en el ciclo Ciencia para Armar, organizado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) como parte del Programa de Divulgación Científica, Tecnológica y Artística de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). La propuesta fue implementada en contextos de educación formal (escuelas) y no formal (museos), y en cada caso la dinámica fue adaptada a las características del lugar y del público al cual se dirigía.

En este trabajo se describe la propuesta implementada en 2016 en el marco del Día de la Fascinación por las Plantas, con un formato adaptado para estudiantes de 10 a 13 años, en un espacio físico amplio (Museo de Ciencias Naturales de la provincia de Córdoba), donde fue posible la configuración de una secuencia de estaciones en las que se desarrollaron diferentes actividades. La propuesta consistió en una actividad disparadora, seguida por una secuencia de cuatro estaciones, en donde se abordó la temática de la reproducción sexual en plantas partiendo del concepto de fruto (*estación 1*), el cual llevó a describir las estructuras de una flor (*estación 2*), por ser el órgano del cual deriva. A continuación, se abordaron los procesos de polinización y fecundación de la flor, y el concepto de agentes polinizadores o vectores de polen (*estación 3*), para finalmente identificar los principales grupos de polinizadores que existen en la naturaleza y los diferentes síndromes florales o de polinización (*estación 4*). En este contexto, se evaluó la propuesta didáctica mediante un cuestionario que los estudiantes respondieron antes de comenzar y al finalizar la secuencia completa de actividades.

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Actividad disparadora

Se proyectó el video *The Beauty of Pollination* (Schwartzberg, 2011), que reúne imágenes atractivas sobre polinización, mediante el cual se intentó promover la curiosidad y el interés de los estudiantes antes de comenzar a recorrer las estaciones. Este tipo de recursos audiovisuales hace más activo el aprendizaje y la enseñanza (De la Fuente Sánchez, Hernández Solís y Pra Martos, 2013), generando que su implementación en propuestas didácticas de este tipo resulte interesante para estudiantes y docentes.

Estaciones

En las cuatro estaciones que se detallan a continuación se utilizaron láminas encabezadas por los interrogantes que guiaron las respectivas actividades (figuras 1A, 2A, 3A, 3B y 4A). En dichas láminas se

incluyó también información referida a cada una de las temáticas abordadas, así como diagramas de las estructuras de flor y fruto y de los procesos de polinización y fecundación de la flor, según correspondiera.

Estación 1. ¿Qué son los frutos?

Mediante una exposición dialogada y utilizando la primera lámina (figura 1A) se indagaron las ideas previas que tenían los alumnos acerca del concepto de fruto. Luego, se los invitó a observar y manipular frutos diversos en cuanto a su morfología y aspecto: carnosos, secos, dehiscentes, indehiscentes, comestibles y no comestibles (figura 1B-C). Los estudiantes exploraron estos frutos bajo la consigna de encontrar características comunes a todos ellos (figura 1D). Aquí se reflexionó sobre la presencia de semillas que caracteriza a los frutos y la importancia que estas tienen para las plantas a partir de las preguntas: ¿qué son las semillas?, ¿qué se genera a partir de ellas?, ¿en qué beneficia a la planta, entonces, la producción de frutos?, entre otras.

Además, durante la actividad se resaltó la diversidad de los frutos que existen, lo cual permitió un ejercicio reflexivo de manera colectiva sobre sus estrategias de dispersión sobre la base de las siguientes preguntas: ¿por qué algunos frutos son carnosos?, ¿quiénes los consumen en la naturaleza?, ¿qué ocurre con las semillas?, si los frutos secos por lo general no se ingieren, ¿qué mecanismos usan para viajar de un lado a otro?, ¿cómo se dispersan los frutos con estructuras tipo abrojo?, si son ligeros ¿pueden ser desprendidos y transportados por el viento?

Por último, con la finalidad de asociar la formación de los frutos con el órgano del cual estos derivan (i.e., la flor) y pasar a la próxima estación, se planteó el siguiente interrogante: ¿A partir de qué estructura o parte de la planta se forman los frutos?



Fig. 1. Estación 1: A. Lámina que explica el concepto de fruto; B-C. Diversidad de frutos; D. Estudiantes observando y manipulando frutos.

Estación 2. ¿Cómo son las flores?

Para comprender el proceso de polinización se requiere explicar la estructura general de una flor. Además de la lámina con la representación de las estructuras florales (figura 2A), se emplearon maquetas tridimensionales (figura 2B). En estas se observaron los diferentes verticilos florales. Cáliz, corola, androceo (estambres) y gineceo (estigma, estilo, ovario y óvulos). Además, se utilizaron lupas binoculares para observar flores naturales e identificar sus partes (figura 2C-D).

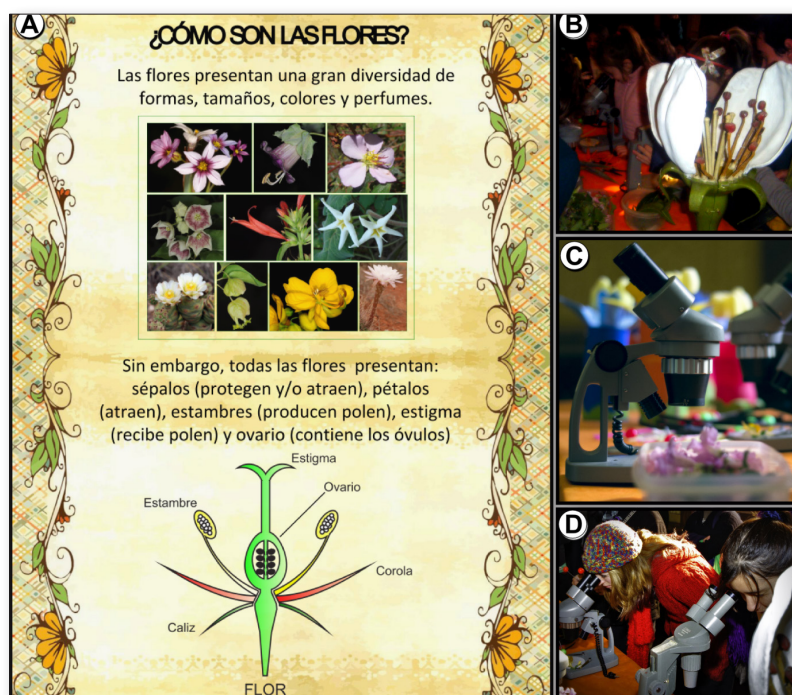


Fig. 2. Estación 2: A. Lámina que muestra la estructura general de una flor; B. Maqueta tridimensional con los diferentes verticilos florales; C. Lupa estereoscópica; D. Actividad de observación de flores por parte de los estudiantes mediante el uso de lupas estereoscópicas.

Estación 3. ¿Cómo se originan los frutos?, ¿Cómo se transporta el polen de una flor a otra?

Una vez abordada la temática de qué son los frutos y cómo está constituida una flor, se propuso relacionar estas dos estructuras mediante los siguientes interrogantes: ¿cómo se originan los frutos? Se utilizó como recurso didáctico una lámina donde se detalla el proceso de fecundación (figura 3A) y, a través de una exposición dialogada, se introdujo el concepto de *polinización* y sus implicaciones en la «transformación» flor-fruto. Para retomar la reflexión inicial, durante la observación de los frutos se hizo hincapié en la formación de las semillas como resultado de la fecundación de los óvulos de la flor y se señaló el destino de otras estructuras de la flor que se transforman o se pierden en el fruto.

A continuación, partiendo del hecho de que las plantas son sésiles, se planteó el siguiente interrogante: ¿cómo se transporta el polen de una flor a otra? Mediante una lámina (figura 3B) se introdujo el concepto de agentes *polinizadores*, distinguiendo entre agentes bióticos (animales) y abióticos (viento y agua). Se pidió a los alumnos que mencionasen los distintos animales que pueden actuar como polinizadores, los cuales pudieron observarse a partir de una colección entomológica que incluía abejas, abejorros, mariposas, esfingidos y moscas, así como mediante imágenes a escala de picaflores y murciélagos.

Luego, con la finalidad de ejemplificar de manera lúdica la relación mutualista entre plantas y polinizadores, se llevó a cabo una actividad interactiva en la que los alumnos ejercieron el rol de animales polinizadores. Para ello, se utilizaron flores artificiales femeninas y masculinas construidas con botellas de plástico (figura 3C). Las «flores masculinas» contaban con estambres fabricados de goma y suspendidos en la parte superior de la botella, de modo que tuvieran movilidad y permitieran el contacto con el «polinizador», es decir, el estudiante. A estas «anteras» se las espolvoreó con azúcar impalpable que representaba el polen. Las flores femeninas, por su parte, contaban con un «ovario» elaborado con poliestireno expandido (EPS), un «estilo» de madera y un «estigma» de goma, todo sujeto y suspendido en el centro de la botella (figura 3C). En ambos tipos florales se colocó una bebida azucarada en el fondo de la botella para simular el néctar. Se repartieron sorbetes entre los alumnos para simular aparatos bucales de insectos que liban néctar. Durante el desarrollo del juego, los estudiantes debían obtener el «néctar» del fondo de las flores artificiales con el sorbete en sus bocas y sin utilizar las manos. Al introducir sus caras dentro de la flor masculina para succionar el néctar artificial, los estudiantes impregnaban sus mejillas y/o frente con azúcar impalpable. Luego, al buscar el néctar en la flor femenina, el azúcar quedaba adherido al centro esférico de goma de la flor femenina, es decir, el estigma. Así, el polinizador (estudiante) obtenía el néctar (bebida azucarada) de las flores (figura 3D), a la vez que, en las sucesivas búsquedas de alimento, transportaba accidentalmente el polen (azúcar impalpable) desde los estambres de una flor masculina hasta el estigma de una flor femenina, efectuando la polinización (figura 3E). De esta manera, se explicó la relación mutualista existente entre plantas y polinizadores, de la cual se desprende la idea de que son «socios por naturaleza».



Fig. 3. Estación 3: A. Lámina que detalla el proceso de fecundación; B. Lámina que muestra los diferentes agentes polinizadores; C. Flores artificiales; D. Estudiante tomando «néctar» (bebida azucarada) en una flor artificial; E. Alumno con «polen» (azúcar impalpable) depositado sobre la cara.

Estación 4. ¿Todos los animales polinizan todas las flores?

En primer lugar, para introducir el concepto de síndrome floral, se hizo hincapié en la diversidad de flores que existen en la naturaleza y la explicación ecológica y evolutiva de esa gran diversidad. Con ayuda de una lámina (figura 4A), y mediante una exposición dialogada, se presentaron los polinizadores más frecuentes en la naturaleza y las características de las flores visitadas por cada uno de ellos.

Posteriormente, se realizó una actividad lúdica de aplicación, para la cual se utilizó una lámina de lona (2 x 2 m) con la ilustración de un paisaje de día y de noche, con flores de distintos síndromes de polinización, de antesis diurna y nocturna, respectivamente (figura 4B). La cara posterior de la lona constaba de imanes ubicados justo por detrás de cada flor diagramada. Se utilizaron figuras imantadas de distintos polinizadores (abejas, picaflores, murciélagos, mariposas, esfíngidos y moscas), de tal modo que pudieran colocarse en la lona «visitando» algunas de las flores que allí se encontraban (figura 4C). Además, se utilizaron seis cartillas con las características de los diferentes polinizadores y de las flores que cada uno de ellos generalmente visita (véase apéndice). Para llevar a cabo esta actividad, los alumnos se organizaron en grupos, cada grupo recibió una cartilla y las figuras correspondientes a un determinado polinizador. Durante el desarrollo del juego y a partir de la lectura de la cartilla frente a sus compañeros, cada grupo debía asociar y hacer coincidir las figuras imantadas del polinizador que se les asignó con las flores imantadas de la lámina, teniendo en cuenta los hábitos, preferencias, morfología y capacidades sensoriales de dicho polinizador (figura 4D). El juego finalizó una vez que los grupos ubicaron, según correspondía, todos los polinizadores en las flores del paisaje.

Al finalizar la actividad lúdica, se reflexionó con los alumnos sobre el concepto de síndrome floral. También se invitó a los estudiantes, como cierre de esta propuesta educativa, a que prestasen atención a las flores que cotidianamente observan y se preguntasen acerca de cuáles podrían ser sus «socios por naturaleza», sobre la base de lo aprendido sobre los síndromes florales y las características de los distintos polinizadores.



Fig. 4. Estación 4: A. Lámina que muestra los diferentes polinizadores y las características de las flores que visitan; B. Ilustración de un paisaje de día (izquierda) y de noche (derecha), donde se destacan flores de antesis diurna y nocturna, respectivamente; C. Figuras imantadas de polinizadores; D. Estudiantes haciendo coincidir los polinizadores con el síndrome floral correspondiente en el paisaje.

EVALUACIÓN

Para evaluar la presente propuesta didáctica se diseñó un cuestionario que los estudiantes respondieron antes de comenzar y al finalizar la secuencia completa de actividades (figura 5). La evaluación se realizó a 51 estudiantes en total, pertenecientes a cuatro colegios, dos de nivel primario y dos de nivel secundario, durante la intervención en el Día de la Fascinación por las Plantas 2016. El cuestionario consistió en cuatro preguntas, cada una de ellas referida a una parte o sección de la propuesta educativa: 1) identificación de frutos, 2) identificación del órgano vegetal del cual se originan los frutos, 3) reconocimiento del material que se transporta de una flor a otra durante la polinización y 4) identificación de polinizadores. Las preguntas fueron de opción múltiple y las posibles respuestas se representaron con texto e imágenes. Se contabilizó el número de respuestas correctas e incorrectas y se calculó el porcentaje de respuestas correctas antes (pretest) y después (postest) de la secuencia de actividades (figura 6). Debido a que algunas de las preguntas del cuestionario podían ser respondidas con más de una opción correcta (preguntas 1 y 4) y a que, excepcionalmente, algunos estudiantes seleccionaron más de una respuesta en las preguntas con una sola opción correcta (preguntas 2 y 3), al tabular los datos se consideró cada respuesta de manera independiente, es decir que se contabilizaron todas las opciones (correctas e incorrectas) de cada estudiante para cada pregunta.

Si bien la evaluación se realizó en dos niveles educativos (primario y secundario), los resultados fueron similares, por lo que en el presente trabajo se reportan los resultados agrupados, sin discriminar por niveles educativos. Tanto en el pre- como en el postest, todos los estudiantes respondieron a todas las preguntas. En términos generales, el pretest reflejó dificultades en los alumnos para reconocer los frutos, la estructura de la planta que da origen a estos y los animales que pueden actuar como polinizadores (<50% de respuestas correctas en las preguntas 1, 2 y 4; figura 6). Sin embargo, los estudiantes identificaron el polen como el material que se transporta durante la polinización (aproximadamente 85 % de respuestas correctas en la pregunta 3; figura 6). El postest mostró un incremento en la cantidad de respuestas correctas tras implementar la propuesta educativa, alcanzando entre el 85 y 100 % de aciertos en todos los aspectos evaluados (figura 6).

Respecto a la pregunta que apuntaba a reconocer frutos (pregunta 1), la manzana fue la opción más seleccionada en la instancia pretest, mientras que el pimiento y la chaucha fueron opciones mucho menos seleccionadas. Después de implementar la propuesta educativa, el pimiento y la chaucha fueron reconocidos como frutos por un número considerablemente mayor de estudiantes. Sin embargo, aunque pocos estudiantes marcaron opciones incorrectas (i.e., papa, zanahoria y repollo), hubo un leve incremento en el número de estas tras aplicar la propuesta didáctica (figura 7A).

En la pregunta referida al origen de los frutos (pregunta 2), las opciones flor, rama y raíz fueron seleccionadas en similar medida por los estudiantes antes de realizar la secuencia de actividades. La cantidad de respuestas correctas a esta pregunta se incrementó a más del doble en el postest respecto al pretest, mientras que el número de respuestas incorrectas (i.e., hoja, rama y raíz) disminuyó de 39 a 19 (figura 7B).

Antes de realizar las actividades, una gran parte de los estudiantes identificó el polen como el material transportado de una flor a otra durante la polinización (pregunta 3), mientras que pocos señalaron el néctar y el perfume. Después de la secuencia de actividades, aumentó el número de respuestas correctas seleccionadas y disminuyó la elección de opciones incorrectas (figura 7C).

Respecto a qué animales pueden actuar como polinizadores (pregunta 4), no se marcaron respuestas incorrectas en el pretest ni en el postest. Abejas y picaflres fueron las opciones más señaladas en el pretest, mientras que solo algunos estudiantes señalaron, por ejemplo, que los murciélagos también cumplen dicha función. Después de realizar las actividades, además de abejas y picaflres, las opciones mariposa y murciélago fueron seleccionadas por un número considerablemente mayor de estudiantes (figura 7D).

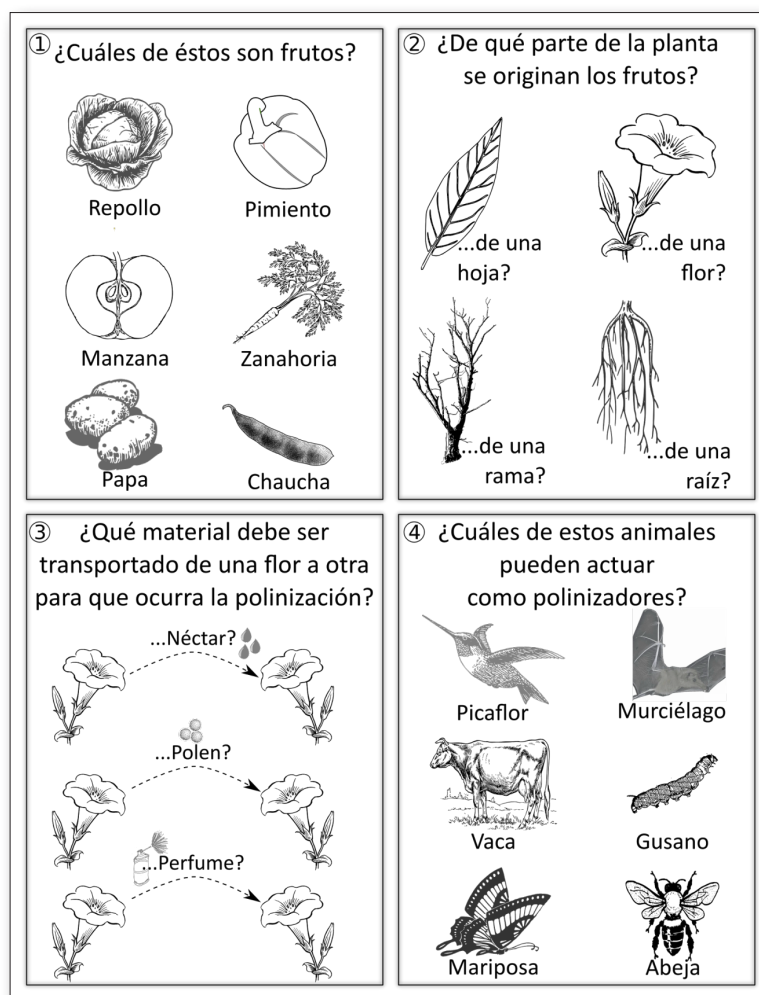


Fig. 5. Cuestionario implementado antes y después de la secuencia completa de actividades.

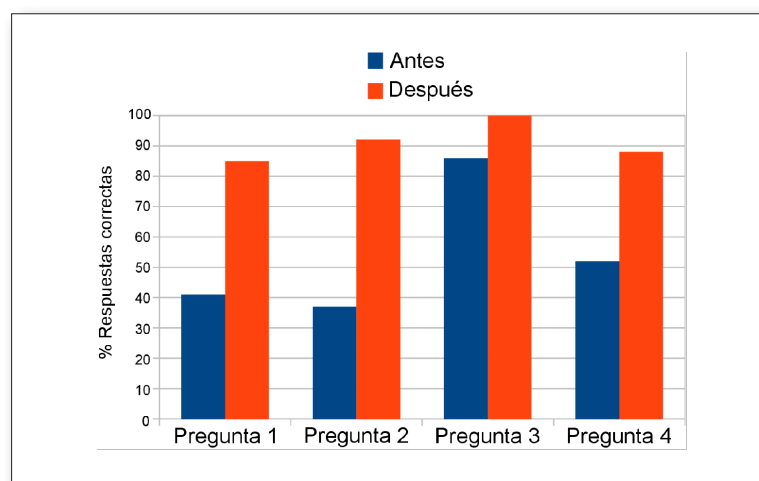


Fig. 6. Porcentaje de respuestas correctas en cada pregunta del cuestionario implementado antes (azul) y después (naranja) de la secuencia de actividades.

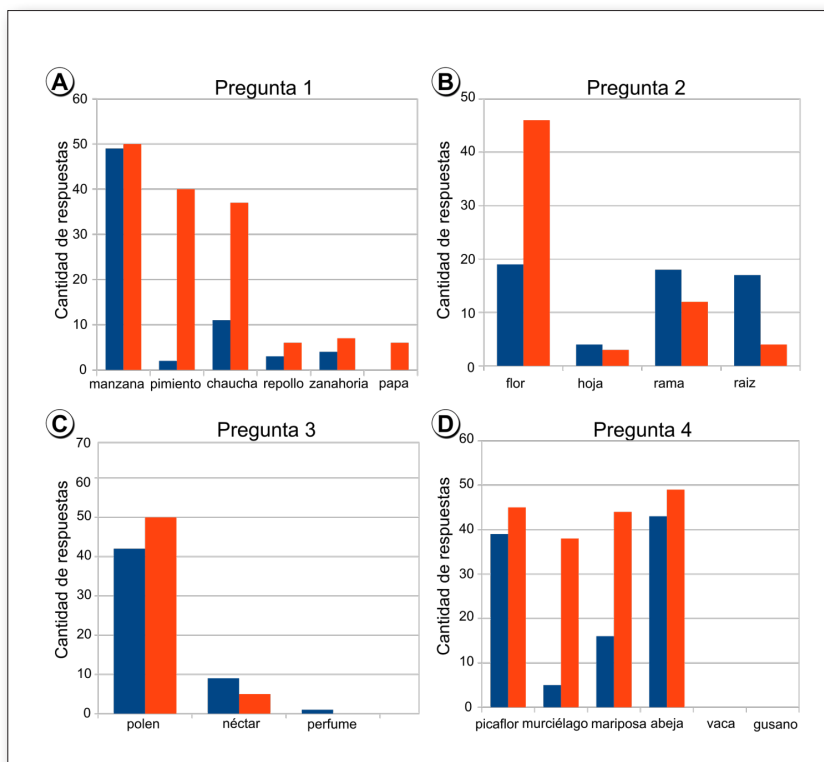


Fig. 7. Cantidad de respuestas para cada opción de las preguntas 1 (A), 2 (B), 3 (C) y 4 (D) del cuestionario implementado antes (azul) y después (naranja) de la secuencia de actividades.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado una propuesta didáctica para abordar el proceso de reproducción sexual en las plantas con flores desde la perspectiva del mutualismo existente entre las plantas y sus polinizadores. El carácter innovador de esta propuesta radica en introducir la interacción ecológica que ocurre durante la polinización biótica como eje principal de las actividades desarrolladas, ya que su papel en la formación de frutos y semillas es escasamente reconocido por los estudiantes (Nyberg y Sanders, 2014). Asimismo, este enfoque contribuye a destacar la dependencia mutua de plantas y animales, superando la visión tradicional de las plantas como organismos estáticos, poco interesantes y aislados de la vida animal (Wandersee y Schussler, 1999) y dejando en evidencia por qué las plantas y sus polinizadores son «socios por naturaleza».

Se plantearon diferentes estaciones en las que se abordaron distintos aspectos de dicho proceso, procurando establecer nexos para propiciar una visión integradora. En este sentido, por ejemplo flor y fruto, dos estructuras que tradicionalmente son abordadas de manera compartimentalizada, se relacionaron entre sí evidenciando que forman parte de un mismo proceso, conexión que en general no es reconocida por los estudiantes (Lewis y Wood-Robinson, 2000; Hershey, 2002; Jewell, 2002; Tytler *et al.*, 2004; Schussler y Winslow, 2007). Los resultados de la evaluación sugieren que las actividades desarrolladas fueron de utilidad para que los estudiantes identifiquen mayor cantidad de frutos tras la secuencia didáctica. A su vez, la actividad ayudó a que los estudiantes relacionen los frutos con el órgano del cual provienen. Por otro lado, la descripción de la estructura de la flor y sus partes antes de abordar el proceso de polinización posiblemente haya contribuido a una mejor comprensión de dicho proceso (Schussler, 2008).

A pesar de que la ocurrencia del proceso de polinización y el papel de los polinizadores en la reproducción sexual de las plantas son en general poco reconocidos por los estudiantes (Lewis y Wood-Robinson, 2000), la evaluación reveló que la mayoría de los estudiantes encuestados reconocían previamente que el polen es el material que se transporta entre flores y que al menos abejas y picaflones pueden estar involucrados en el proceso de polinización. El juego en el que actuaron de polinizadores (*estación 3*) permitió destacar el rol fundamental que estos cumplen en la reproducción de las plantas, así como el carácter mutualista de la asociación planta-polinizador. A su vez, esta estrategia lúdica permitió vivenciar que la polinización ocurre de manera accidental cuando los animales polinizadores se mueven de una flor a otra en busca de la recompensa, posiblemente facilitado por la simulación del proceso al hacerlo más tangible para los alumnos (Hassard y Dias, 2009). Por su parte, la actividad lúdica relacionada con síndromes de polinización (*estación 4*) permitió que los estudiantes apreciaran la diversidad de plantas y polinizadores, y que tras la implementación de la propuesta identificaran a animales polinizadores que previamente no reconocían como tales.

En general, se observó que después de realizar las actividades los estudiantes modificaron positivamente sus respuestas iniciales, ampliando el número de frutos y polinizadores identificados y asociando la flor como estructura que da origen al fruto. El hecho de que en el caso de los frutos (pregunta 1) también se incrementaran las respuestas incorrectas puede deberse a que la ampliación de los conocimientos previos no estuviera acompañada de una total comprensión del concepto abordado por algunos de los estudiantes. En este sentido, quizá la presentación de frutos junto con hortalizas que no son frutos (por ejemplo, papa o zanahoria) podría facilitar la diferenciación entre estos al poder identificar la presencia o ausencia de semillas. Con respecto a la formulación de la evaluación, consideramos necesario modificar las preguntas para investigar con más profundidad sobre las ideas previas de los alumnos y para adaptarlas a los diferentes niveles educativos. Las preguntas 3 y 4 de la evaluación podrían ser reemplazadas por preguntas que, por ejemplo, no asuman que los estudiantes conocen el proceso de polinización o la participación de los animales en la polinización. Posibles preguntas podrían ser: ¿las plantas se reproducen sexualmente?, ¿cuál es la función del polen de las flores?, ¿cuál es la función del néctar de las flores?, ¿los animales participan en la reproducción de las plantas?, ¿qué animales participan en la reproducción de las plantas? Se podría incluir una imagen de una abeja posada sobre una flor y preguntar: ¿qué está ocurriendo en esta situación?, ¿qué hace la abeja en la flor?

Consideramos que esta propuesta, desarrollada en el marco de una actividad de extensión universitaria, permitió la divulgación de un conocimiento científico que resulta fundamental reconstruir y profundizar en el interior de la ciencia escolar (Watanabe y Kawamura, 2016). Asimismo, creemos que esta experiencia educativa podría promover la comprensión del importante rol que plantas y polinizadores cumplen en los ecosistemas naturales y artificiales, propiciando su valoración. En el contexto económico-social actual es necesario tomar conciencia de los beneficios indispensables que la interacción planta-polinizador nos provee y de la responsabilidad que tenemos en su conservación para garantizar el bienestar de las generaciones futuras. En este sentido, la presente propuesta centralizó su mirada en el conocimiento de una gran diversidad de seres vivos involucrados en interacciones planta-polinizador del entorno local, lo cual consideramos un importante punto de partida para despertar el interés por comprender y conservar las numerosas interacciones bióticas que ocurren en la naturaleza (Sobel, 1999).

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la dras. Evangelina Glinos, Marcela Moré y Alicia Sérsic, a los biólogos Dana Aguilar, Andrés Camps, Eugenia Drewniak, Ana Clara Ibañez, Andrés Issaly y Juliana Izquierdo por su participación en la elaboración e implementación de las actividades de esta pro-

puesta didáctica y al Laboratorio de Ecología Evolutiva-Biología Floral (IMBIV, CONICET-UNC) por proporcionar equipamiento. La presente propuesta se realizó gracias al financiamiento otorgado por el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, CONICET-UNC), el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación y la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, R., ASHWORTH, L., GALETTO L. y AIZEN, M. A. (2006). Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9, pp. 968-980.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00927.x>
- AIZEN, M. A. y CHACOFF, N. P. (2009). Las interacciones planta-animal como servicio ecosistémico: el caso del mutualismo de polinización. En R. Medel, M. A. Aizen y R. Zamora (eds.), *Ecología y evolución de interacciones planta-animal*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria.
- ARMBRUSTER, W. S. (2012). Evolution and ecological implications of «specialized» pollinator rewards. En S. Patiny (ed.), *Evolution of Plant-Pollinator Relationships*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- BALLESTEROS, O. P. (2011). *La lúdica como estrategia didáctica para el desarrollo de competencias científicas* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- BARANZELLI, M., CORDOBA, S., COCUCCI, A., GLINOS, E., PAIARO, V., SAZATORNIL, F., SÉRSIC, A. y WIEMER, P. (2014). Dime cómo comes y te diré quién eres: una experiencia didáctica para conocer los aparatos bucales de los insectos. *Revista de Educación en Biología*, 17, pp. 76-85.
- BARANZELLI, M., CORDOBA, FERREIRO, G., GLINOS, E., MAUBECIN, C., PAIARO, V. y RENNY, M. (2015). ¿Quién vive ahí?: sobre árboles nativos y exóticos. Una propuesta didáctica para conocer la importancia ecológica del bosque nativo y la problemática de las invasiones biológicas. *Revista de Educación en Biología*, 18, pp. 50-64.
- BARRETT, S. C. H. (2010). Understanding plant reproductive diversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 365, pp. 99-109.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0199>
- BAYO, S. (2014). *Divulgar Conciencia: cómo y para qué divulgar conocimientos sin ser un científico*. Buenos Aires, Argentina: La imprenta digital SRL.
- CARAVITA, S. y HALLDÉN, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), pp. 89-111.
[https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90020-5)
- DARLEY, W. M. (1990). The Essence of «Plantness». *The American Biology Teacher*, 52(6), pp. 354-357.
<https://doi.org/10.2307/4449132>
- DE LA FUENTE SÁNCHEZ, D., HERNÁNDEZ SOLÍS, M. y PRA MARTOS, I. (2013). El mini video como recurso didáctico en el aprendizaje de materiales cuantitativos. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 16(2), pp. 177-192.
<https://doi.org/10.5944/ried.16.2.9911>
- FAEGRI, K. y VAN DER PIJL, L. (1979). *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press.
- FENSTER, C. B., ARMBRUSTER, W. S., WILSON, P., DUDASH, M. R. y THOMSON, J. D. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, pp. 375-403.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132347>







- FLORES, F. (2004). El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Educación química*, 15(3), pp. 256-269.
- GARIBALDI, L. A., STEFFAN-DEWENTER, I., WINFREE, R., AIZEN, M. A., BOMMARCO, R., CUNNINGHAM, S. A. y Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339 (6127), pp. 1608-1611.
<https://doi.org/10.1126/science.1230200>.
- GHAZOUL, J. (2005a). Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(7), pp. 367-373.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.026>.
- GHAZOUL, J. (2005b). Response to Steffan-Dewenter et al.: Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(12), pp. 652-653.
<http://doi.org/10.1016/j.tree.2005.09.006>.
- HARDER, L. D. y JOHNSON, S. D. (2009). Darwin's beautiful contrivances: evolutionary and functional evidence for floral adaptation. *New Phytologist*, 183, pp. 530-545.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02914.x>
- HARDER, L. D., WILLIAMS, N. M., JORDAN, C. Y. y NELSON, W. A. (2001). The effects of floral design and display on pollinator economics and pollen dispersal. En L. Chittka y J. D. Thomson (Eds.), *Cognitive ecology of pollination: animal behavior and floral evolution*. New York, USA: Cambridge University Press.
- HASSARD, J. y DIAS, M. (2009). *The Art of Teaching Science: inquiry and innovation in middle school and high school*. New York, USA: Routledge.
- HERSHEY, D. R. (2002). Plants Rarely Thermoregulate. *American Biology Teacher*, 64, p. 413.
<https://doi.org/10.2307/4451331>
- HERSHEY, D. R. (2004). Avoid misconceptions when teaching about plants. Action Bioscience, Website <<http://www.actionbioscience.org/education/hershey.html>>.
- HONEY, J. N. (1987). Where have all the flowers gone? –the place of plants in school science. *Journal of Biological Education*, 21(3), pp. 185-189.
<https://doi.org/10.1080/00219266.1987.9654894>.
- JEWELL, N. (2002). Examining Children's Models of Seed. *Journal of Biological Education*, 36(3), pp. 116-122.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655816>.
- KLEIN, A. M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C. y TSCHARNTKE, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), pp. 303-313.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.
- KREMEN, C., WILLIAMS, N. M., AIZEN, M. A., GEMMILL-HERREN, B., LeBUHN, G., MINCKLEY, R. y RICKETTS, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), pp. 299-314.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- LEWIS, J. y WOOD-ROBINSON, C. (2000). Genes, Chromosomes, Cell Division and Inheritance - Do Students See any Relationship? *International Journal of Science Education*, 22, pp. 177-195.
<https://doi.org/10.1080/095006900289949>
- MARÍN MARTÍNEZ, N. y SOTO LOMBANA, C. (2012). Evaluación de la investigación sobre cambio conceptual y concepciones alternativas. Una aproximación al estado actual de la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), pp. 78-92.
<https://doi.org/10498/14626>.





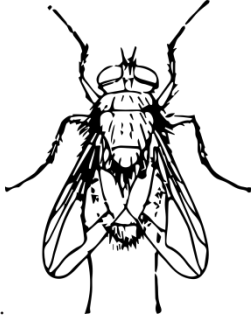

- MARTIN, C. (2015). A re-examination of the pollinator crisis. *Current Biology*, 25, pp. 811-815.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.09.022>.
- MCGREGOR, S. E. (1976). Insect pollination of cultivated crop plants. *Agriculture Handbook N.º 496*. Washington D.C, USA: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba, Argentina. (2011). Diseño Curricular del Ciclo Básico de la Educación Secundaria. Disponible en línea: <<https://goo.gl/0wTmQs>>.
- MORALES, C. L., ARBETMAN, M. P., CAMERON, S.A. y AIZEN, M. A. (2013). Rapid ecological replacement of a native bumble bee by invasive species. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(10), pp. 529-534.
<https://doi.org/doi:10.1890/120321>.
- NYBERG, E. y SANDERS, D. (2014). Drawing attention to the «green side of life». *Journal of Biological Education*, 48(3), pp. 142-153.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849282>.
- OLLERTON, J., WINFREE, R. y TARRANT, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), pp. 321-326.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>.
- PROCTOR, M., YEO, P. y LACK, A. (1996). *The natural history of pollination*. London, UK: Harper Collins Publishers.
- RUNDLÖF, M., ANDERSSON, G. K. S., BOMMARCO, R., FRIES, I., HEDERSTRÖM, V., HERBERTSSON y SMITH, H. G. (2015). Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature*, 521, pp. 77-80.
<https://doi.org/10.1038/nature14420>.
- SÁNCHEZ BENÍTEZ, G. (2010). *Las estrategias de aprendizaje a través del componente lúdico*. Suplementos marco ELE, 11, 69 pp..
- SCHUSSLER, E. E. (2008). From Flowers to Fruits: How children's books represent plant reproduction. *International Journal of Science Education*, 30(12), pp. 1677-1696.
<https://doi.org/10.1080/09500690701570248>.
- SCHUSSLER, E., y WINSLOW, J. (2007). Drawing on students' knowledge about plant life cycles. *Science and Children*, 44, pp. 40-44.
- SCHWARTZBERG, L. [Louie Schwartzberg] (2011, 23 de septiembre). The Beauty of Pollination [Archivo de video]. Disponible en línea: <<https://www.youtube.com/watch?v=MQiszdKOWuU>>.
- SOBEL, D. (1999). *Beyond ecophobia: Reclaiming the heart in nature education*. *Nature Literacy Series*, Volume 1. Great Barrington: Orion Society.
- STEFFAN-DEWENTER, I., POTTS, S. G. y PACKER, L. (2005). Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(12), pp. 651-652.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.09.004>.
- THOMSON, J. D., WILSON P., VALENZUELA, M. y MALZONE, M. (2000). Pollen presentation and pollination syndromes, with special reference to *Penstemon*. *Plant Species Biology*, 15, pp. 11-29.
<https://doi.org/10.1046/j.1442-1984.2000.00026.x>.
- TYTLER, R., PETERSON, S. y RADFORD, T. (2004). Living Things and Environments. En Skamp (ed.), *Teaching Primary Science Constructively*. Melbourne, Australia: Thomson Learning.
- VAN DER PIJL, L. (1961). Ecological aspects of flower evolution. II. Zoophilous flower classes. *Evolution*, 15(1), pp. 44-59.
<https://doi.org/10.2307/2405842>.
- VIVAS, E. y GUEVARA DE SEQUEDA, M. (2003). Un juego como estrategia educativa para el control de *Aedes aegypti* en escolares venezolanos. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 14(6), pp. 394-401.
<https://doi.org/10.1590/S1020-49892003001100004>.

- WANDERSEE, J. H. (1986). Plants or animals – which do junior high school students prefer to study? *Journal of Research in Science Teaching*, 25, pp. 415-426.
<http://doi.org/10.1002/tea.3660230504>.
- WANDERSEE, J. H. y SCHUSSLER, E. E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), pp. 82-86.
<https://doi.org/10.2307/4450624>.
- WATANABE, G. y KAWAMURA, M. R. (2016). El papel de la divulgación científica realizada por científicos en la formación de profesores. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19(2), pp. 61-73.
<https://doi.org/10.6018/reifop.19.2.253951>.
- WEBER, J. J., VARY, L. B., BERG, C. E. S., ANSALDI, B. H. y FRANKS, S. J. (2016). How evolution occurs in a population: The pollination game. *The American Biology Teacher*, 78(2), pp. 149-154.
<https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.2.149>.
- WILLMER, P. (2011). *Pollination and Floral Ecology*. New Jersey, USA: Princeton University Press.

APÉNDICE

Síndromes florales y polinizadores

Polinizador	SÍNDROME FLORAL
<p><i>Picaflores</i></p> <p>Estas aves tienen pico y lengua larga, no poseen olfato, son capaces de tomar el néctar de las flores en vuelo suspendido, lo que les demanda mucha energía, y ven en colores.</p> 	<p><i>Ornitofilia (flores polinizadas por aves)</i></p> <p>Las flores ornitófilas se abren de día, tienen forma de tubo largo, carecen de perfumes, poseen mucho néctar y suelen ser de color rojo, amarillo o azul.</p> 
<p><i>Esfingidos</i></p> <p>Este tipo de mariposas están activas durante la noche, poseen una trompa larga, toman néctar en vuelo con la trompa desenrollada, tienen olfato muy desarrollado y son capaces de sentir los perfumes a largas distancias, pueden ver solo colores claros.</p> 	<p><i>Esfingofilia (flores polinizadas por esfingidos)</i></p> <p>Las flores que atraen mariposas nocturnas se abren de noche, tienen un tubo floral largo, poseen forma de estrella o cepillo, tienen olores agradables e intensos, y son de color blanco o crema.</p> 
<p><i>Murciélagos</i></p> <p>Los murciélagos son nocturnos, tienen el hocico y la lengua larga, toman néctar sin posarse, poseen olfato muy desarrollado, no ven en colores y se guían por la ecolocalización.</p> 	<p><i>(Quiropterofilia) flores polinizadas por murciélagos</i></p> <p>Las flores polinizadas por murciélagos son grandes y expuestas, con forma de cacerola o cepillo, están abiertas durante la noche y poseen olores fuertes y desagradables, tienen mucho néctar, y son de colores poco llamativos como blanco, crema, verde, entre otros.</p> 

Polinizador	SÍNDROME FLORAL
<p data-bbox="327 285 492 312"><i>Mariposas diurnas</i></p> <p data-bbox="179 323 641 437">Estas mariposas tienen trompa corta y se posan sobre las flores para tomar el néctar, visitando varias flores por inflorescencia, perciben olores pero a corta distancia, y ven en colores.</p> 	<p data-bbox="758 285 1213 312"><i>Psicofilia (flores polinizadas por mariposas diurnas)</i></p> <p data-bbox="669 323 1299 437">Las flores polinizadas por mariposas diurnas se abren de día, son pequeñas y en general están agrupadas, tienen forma de trompeta corta o embudo, presentan perfumes dulces y suaves y colores llamativos como rojo, azul, amarillo, naranja.</p> 
<p data-bbox="327 777 492 803"><i>Abejas y Abejorros</i></p> <p data-bbox="179 814 641 986">Estos polinizadores son diurnos, tienen una lengua corta, por lo general buscan néctar como recompensa pero algunos también buscan polen, aceites, fragancias y/o resinas para construcción de los nidos. Son animales que perciben bien los colores excepto el color rojo.</p> 	<p data-bbox="758 777 1213 803"><i>Melitofilia (flores polinizadas por abejas y abejorros)</i></p> <p data-bbox="669 814 1299 986">Las flores polinizadas por abejas y abejorros se abren de día, presentan formas variadas y tienen lugar para que estos insectos se posen. Son de colores blancos o llamativos como naranja, azul, amarillo, rara vez de color rojo, tienen perfumes dulces y suaves y ofrecen néctar muy dulce, polen, aceite o resinas como recompensas para los polinizadores.</p> 
<p data-bbox="327 1315 492 1342"><i>Moscas saprófilas</i></p> <p data-bbox="179 1353 641 1466">Las moscas saprófilas que visitan flores se posan sobre ellas. Poseen un olfato muy desarrollado y son atraídas por olores y aspectos desagradables a las que se acercan engañadas para poner huevos.</p> 	<p data-bbox="802 1315 1159 1342"><i>Miofilia (flores polinizadas por moscas)</i></p> <p data-bbox="669 1353 1299 1498">Las flores visitadas por moscas saprófilas son abiertas o con forma de trampa, se ubican en el suelo, pueden tener olor fuerte y desagradable, imitando el sustrato de oviposición de las moscas (por ej., carne en descomposición), presentan colores apagados, pudiendo ser de color amarillo, naranja, blanco, morado o negro.</p> 

Natural partners: a didactic proposal to understand the relevance of the mutualistic flower-pollinator interaction

Matías C. Baranzelli, Lourdes Boero, Silvina A. Córdoba, Gabriela Ferreiro, Constanza C. Maubecin, Valeria Paiaro, Mauricio Renny, Nicolás Rocamundi, Federico Sazatornil, María Sosa-Pivatto, Florencia Soteras²
Laboratorio de Ecología Evolutiva y Biología Floral. IMBIV, CONICET, Universidad Nacional de Córdoba
matiasbaranzellibc@gmail.com, lulaboero@yahoo.com.ar, cba_sil@hotmail.com, gabiferreiro@yahoo.com.ar,
cmaubecin@gmail.com, vpaiaro@gmail.com, maurirennny@yahoo.com.ar, nicolasrocamundi@gmail.com,
federicosaza@gmail.com, marisosapivatto@gmail.com, fsoteras@imbiv.unc.edu.ar

Biotic interactions are key factors for the persistence and conservation of natural ecosystems. Specifically, biotic pollination (i.e. pollen transfer between flowers mediated by animals) directly involved in plants reproduction, ensures the conservation of biodiversity and the sustainability of ecosystems. Since both plants and pollinators receive a benefit from their interaction, they are «natural partners». In the educational field, it is relevant that students interact with natural environments to understand the importance of pollination for plant reproduction and ecosystem maintenance.

Commonly, flowers offer different kind of rewards and display several traits to attract the most efficient group of pollinators. The combination of floral traits most concordant with feed preferences, sensory capabilities, and/or anatomy of the main group of pollinators, is known as «pollination syndrome». As pollination represents a highly complex and important process, influencing directly in the sexual plant reproduction success, it turns to be challenging to include this knowledge in educational programs. Generally, students neither realize that plants reproduce sexually, nor that fruits are related to flowers. In this regard, starting with common elements, as edible fruits, the recognition by students of common traits among fruits (i.e. presence of seeds), and the association of fruits' parts originated from certain flower parts would be fostered. Moreover, in the educational field, sexual reproduction of plants is rarely addressed from the plant-pollinator interaction point of view, thus its importance is poorly recognized by the students. Here we present a didactic proposal to address the sexual reproduction in plants focused on plant-pollinator interactions, with particular attention to the role of animals as pollinators. The proposal starts introducing concepts to the students by displaying a video involving different plant-pollinators' scenarios. Then, we perform sequential activities consisting on the observation and handling of fruits and flowers, with emphasis in discerning the morphological parts, the correspondence between them, and the developmental changes involved in flower-fruit transformation. Additionally, we propose two complementary activities: one where students play the role of a pollinator, allowing them to experience the dynamics and mutual benefits of the plant-pollinator interaction; and one that challenges the students to recognize the correspondence between certain flower traits (pollination syndromes) and their pollinators, while showing part of the biological diversity (in terms of both flowers and pollinators) involved in pollination.

A set of questions were asked at the beginning of the activities to evaluate the previous knowledge that the students had, and at the end, to test the degree of learning acquired by the them. This helped to infer their improvement in their previous knowledge about biotic pollination. We consider that our proposal represents an interesting first approach to introduce the students to the great biodiversity of flowers and pollinators, and to let them realize and understand the relevance of these interactions for the conservation of natural ecosystems.

2. These authors contributed equally to this work